第 42 卷 第 4 期
2024 年 12 月

天 文 学 进 展
PROGRESS IN ASTRONOMY

Vol. 42, No. 4
Dec., 2024

doi: 10.3969/j.issn.1000-8349.2024.04.11

SAGES 巡天观测规划策略及程序

郑 捷[1]，王 炜[1]，范 舟[1,2]，李 春[1]，赵 刚[1,2]

(1. 中国科学院 国家天文台 光学天文重点实验室，北京 100101； 2. 中国科学院大学 天文与空间科学学院，北京 100049)

摘要： SAGES 是基于不同站点不同能力的多台望远镜进行的北天多波段测光巡天，目前正在持续推进中。全球各类测光巡天很多，大部分都有相应的巡天观测策略。为高效完成巡天任务、实现巡天观测科学目标，制定了 SAGES 巡天观测总体策略，编写了巡天观测规划软件。该软件在实践中运行效果良好，有力支持了 SAGES 巡天观测。简要介绍 SAGES 巡天的观测策略、规划程序的结构以及主要功能、使用方法和输出结果等内容。目前该程序仍在为 SAGES 巡天后续的观测提供支持。

关 键 词： 巡天；SAGES；观测规划；规划程序

中图分类号： P111.2 **文献标识码：** A

1 引 言

元素丰度与银河系演化巡天 (Stellar Abundance and Galactic Evolution Survey, SAGES) 是一个利用 SAGES 测光系统[1] 开展的北天多波段测光巡天。SAGES 测光系统对恒星大气参数（包括有效温度、重力加速度和金属丰度）较为敏感，它给出的恒星参数精度可媲美中低分辨率光谱所给出的参数精度。因此 SAGES 巡天能够高效地获得北天恒星的高精度大气参数。SAGES 巡天的目标天区是赤纬 $\delta > -5^\circ$ 的天区，并避开亮星过多且星场密度过高的银纬 $|b| < 10^\circ$ 的银盘区域。另外，由于北半球观测台站春夏季气象条件普遍不利于观测，所以巡天暂时避开赤经 $12\ \mathrm{h} < \alpha < 18\ \mathrm{h}$ 的天区，优先观测秋冬季天区，以提高获取观测数据的效率。最终 SAGES 的巡天面积大于 12 000 平方度。SAGES 巡天利用美国亚利桑那大学斯都尔得天文台 (Steward Observatory) 位于基特峰 (Kitt Peak) 的 2.3 m 博克望远镜 (90-inch Bok Telescope, Bok)[2]和中国科学院新疆天文台南山 1 m 大视场望远镜 (Nanshan One-meter Wide-field Telescope, NOWT)[3]进行观测。目前已经完成 5 个波段的

收稿日期： 2024-01-29； **修回日期：** 2024-03-15

资助项目： 国家自然科学基金 (11988101, 42075123)

通讯作者： 郑捷，jiezheng@nao.cas.cn

观测，巡天数据已通过巡天数据处理系统[4]处理完毕，其中 $u_{\rm SC}$ 和 $v_{\rm SAGE}$ 波段的测光星表已发布为 DR1[5]，g、r、i 这三个波段的测光星表发布为 DR1s[6]。目前正在开展窄带波段包括 DDO51 和 Hα 的巡天观测。

巡天观测一般是在几年的时间内对巡天天区满足星等限制的天体开展有效且完备的观测，相当于对某一类型天体在一定的天球体积范围内的遍历。因此，巡天观测需要在巡天之前有全局的观测计划，从而保持良好的一致性。大部分巡天项目，在观测之前都进行了全局规划，往往编制了专门的策略程序确保巡天的有效进行，例如司天工程[7]、北京-亚利桑那巡天 (Beijing-Arizona Sky Survey, BASS)[8]、云南大学“梦飞”巡天[9]、云南-香港巡天 (Yunnan-Hong Kong Survey)[10]、南京大学系外行星探测[11]、中国科学技术大学墨子巡天望远镜[12]等，都有全局观测规划。因此，我们制定了专门的 SAGES 巡天观测规划，包括整体观测策略、天区划分、曝光时间、观测进度、定标观测安排等，提前编写并测试了巡天观测规划程序，从而确保巡天观测有较一致的观测深度，以及较高的观测效率。

本文将介绍 SAGES 巡天观测策略、巡天观测规划程序的主要功能以及运行结果，最后进行总结与展望。

2 SAGES 巡天观测策略及其对规划程序的要求

SAGES 巡天是一个非时域的多波段测光巡天，其观测总体策略是对目标天区开展一遍多波段深度扫描。鉴于 SAGES 巡天观测在不同台站不同望远镜上开展，为实现既定的巡天目标，SAGES 巡天观测策略要点及其对规划程序的要求列举如下：

(1) 巡天由多台望远镜协同观测完成，天区划分有所不同，因此程序应具备针对不同望远镜生成不同天区划分、观测脚本以及数据传输模式的功能；

(2) 不同望远镜负责不同波段观测，各望远镜独立运行，相互之间尽可能确保天区覆盖区域一致，不同波段采取相应曝光时间使得各波段观测深度保持一致；

(3) 非必要不重复观测，因此程序能够快速获知每个天区的完成情况；

(4) 观测深度应尽量均匀，需要程序能根据观测时实际大气情况和地平高度调整曝光时间；

(5) 需避免巡天末期可用观测时间与未观测天区之间存在矛盾，因此程序应能够辅助统筹观测时间安排；

(6) 应尽量提升观测效率，因此程序应合理制定长期和短期观测计划，降低平均大气质量、减少望远镜指向耗时等；

(7) 应尽量高效、易用和规范，因此程序应运行效率高、耗时短，有良好的人机交互界面，包括操作方式和输出结果，有良好的文件管理，目录结构合理，文件命名规范；

(8) 为应对突发状况，程序还应该能够应对各类特殊要求。

由巡天结果可知，我们制定的观测策略和编写的观测规划程序较好地实现了以上目标，在已经完成的巡天观测任务中发挥了重要作用。

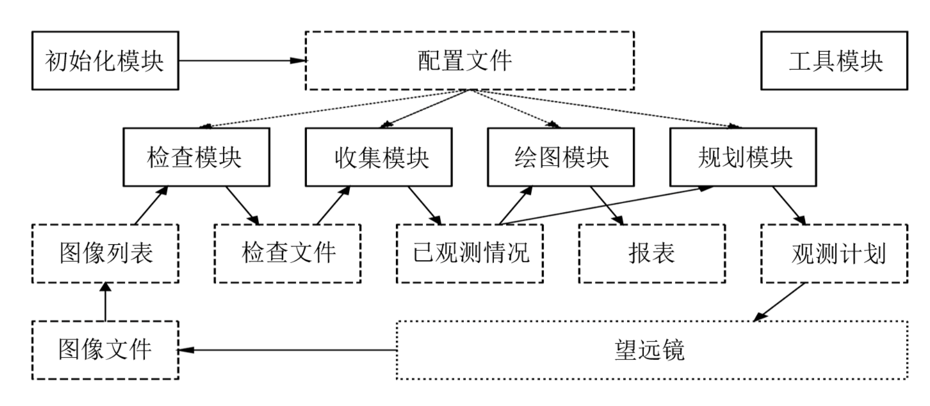
3 观测规划程序

3.1 软件环境

本程序采用 Python 语言编写，考虑到在不同主机上运行的需要，能够兼容 Python2 和 Python3。调用天文软件包 Astropy[13] 来实现对观测文件的读取。同时，在数据处理中也使用了 Python 的一些通用软件包，如 NumPy[14]、Matplotlib[15] 等。

3.2 程序流程与总体架构

本程序总体上分为六个模块：天区划分、观测计划编排、观测文件检查、观测信息采集、观测报告生成、通用函数。除通用函数外，各模块之间相对独立，通过各数据文件进行耦合。程序总体框架架构如图 1 所示。



注：划线框代表数据文件，实线框代表程序模块，虚线框为望远镜，箭头方向代表模块对数据的输入与输出。

图 1 程序总体框架示意图

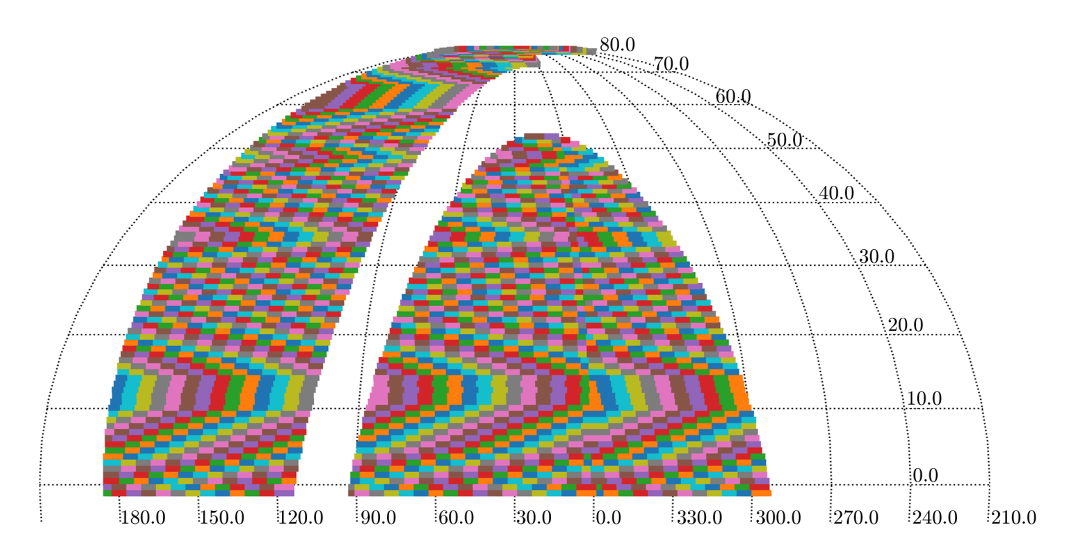
通用函数主要提供坐标输入输出、坐标系变换等功能。例如进行时分秒坐标与角度角分角秒形式的坐标之间的变换，以便根据不同需求生成观测脚本。此外通用函数还可用于计算目标地平高度、方位角，以及计算恒星时等。

3.3 天区划分

天区划分模块负责根据望远镜视场来规划该望远镜的天区分布，相邻天区之间有一定的重叠区域，以提升/确保流量定标的一致性，同时也可避免因望远镜指向误差导致的观测区域遗漏。具体划分方法如下：首先设相机视场大小的约 80% 为相邻视场中心位置的间隔，记为 fs；然后从巡天区域最南端的赤纬 $-5°$ 以 fs 为赤纬间隔划分为“圈”，每圈有相同的赤纬范围；随后将每圈沿东西方向等间隔划分成天区，中心点赤纬为 δ 的圈划分为 $[360\cos(\delta)/(fs)]$ 个天区；最后，按照从南到北、从东到西（以赤经 $\alpha=0°$ 为起点）的顺序，从 1 开始为每个天区进行连续编号。由于本巡天跳过了银盘以及春夏季天区，在确定了天区后，再将其从列表中剔除。

在制定观测计划时，程序将根据实际情况将同一“圈”内相邻的若干个天区合并成“块”。以块为单位进行观测，可减少望远镜指向总行程和所需时间，从而提高观测效率。

每个块的命名以区块中心点的赤经、赤纬命名。在实际操作中，Bok 望远镜相机的视场约为 1.0°，因此相邻巡天天区之间中心点间隔为 0.8°，每 7 个相邻天区构成一个块；NOWT 望远镜相机的实际视场约为 1.3°，巡天天区之间间隔为 1.0°，每 5 个相邻天区构成一个块。Bok 望远镜的天区和块分布与 NOWT 望远镜的基本类似，如图 2 所示。



注：巡天天区为赤纬 $\delta > -5°$，扣去银纬 $|b| < 10°$ 内的银盘密集星场天区，以及 $12\ \mathrm{h} < \alpha < 18\ \mathrm{h}$ 的春夏季天区。其中每个色块为一个“块”，包含不超过 7 个天区。

图 2　Bok 望远镜观测天区分布图

最终，天区划分信息保存在 `conf` 文件夹中的 `field.txt` 文件内，详见 4.1 节。

3.4　观测计划编排

观测计划编排模块是本程序的核心，它分为以下三个步骤：已观测情况汇总、观测计划生成以及观测脚本生成。这三个步骤同属于本模块，调用本模块时逐步完成。

首先，根据后续章节所生成的已观测情况为每个天区标注完成度，为指定观测计划提供依据。完成度分为三种：未完成、部分完成和已完成，其中部分完成对应需要多次观测的波段或天区。在 SAGES 巡天早期测试阶段，由于望远镜跟踪性能欠佳，难以确保长曝光质量，因此将需要长曝光的波段分为两次来执行。若某天区仅完成一次有效短曝光，则视为部分完成，需要择机补足。随着跟踪稳定性的改善，部分完成这一处置方式并未在实际观测中使用，但是本功能仍保留。最后，本步骤汇总此前观测情况，并结合分块情况，生成包含待观测块的列表。

观测计划生成步骤基于待观测块列表，根据观测优化原则，考虑气象和天象因素，制定当晚的观测计划。首先将待观测块根据当天的太阳和月亮位置进行筛选，由于本巡天要求观测时间均安排在暗夜或灰夜，月亮距离要求可适当放宽，并剔除离太阳或月亮小于 50° 的天区。我们将当晚昏影终和晨光始的时间作为巡天观测开始和结束时间。本程序以太阳高度角 −15° 为默认晨昏判别依据。考虑到天气、仪器故障、时间分配等因素，也可以在调用时指

定观测的起止时间。

随后，本程序以开始观测时间为当前时间，计算所有可观测块中心的地平高度以及大气质量，选择其中大气质量小于指定上限的块。多块天区入选时，优先选择纬度较小的天区。选取一个块后，模拟完成该块观测所需所有步骤的总执行时间，包括望远镜指向、拍摄图像、探测器读出等时间，从而得到该块观测的完成时刻。以该时刻作为新的当前时间，开始下一轮的观测块选取、执行时间计算和完成时刻估计。重复这一过程，直到指定的观测结束时停止，或当晚已经不再有可观测天区。在该过程中，如果遇到临时没有可观测块的情况，程序将自动跳过 1 min，再看是否有合适观测天区。对于巡天后期，待观测天区较少且分布并不均匀，往往容易出现这种情况。在选择的过程中，每一步都会显示当前选中的块信息，以及规划观测的时间。

最后，生成观测脚本。根据 4.1 节提到的配置文件中的脚本模板，将选中的块生成观测脚本文件。程序还能将模拟观测情况制作成动画文件，供观测人员参考。

3.5 观测文件检查

观测结束后，此模块将对当晚观测生成的文件进行信息采集和检查。首先，调用外部脚本生成“有效”观测文件列表。由于 Bok 和 NOWT 都有相对固定的观测文件路径格式，因此编写了额外辅助脚本生成指定日期的所有图像文件的列表。然后，根据实际观测情况从列表中手动删减部分质量有问题的文件名（出于尽可能采集数据的考虑，图像文件保留），例如调焦问题、望远镜指向问题、气象因素影响等可能会导致某一个或者某些观测并不符合巡天要求，因此需要从列表中剔除。

同时，此模块会对手动调整后的列表中包括的 FITS 文件依次检查，收集并记录头文件 (header) 中的相关信息，尤其是目标、观测波段、曝光时间等重要信息。整晚所有数据的目标包括了巡天天区，也包括本底、平场、测试天区等。

因为数据不一定能在次日观测之前传输到执行观测规划的主机，而下一步操作又需要读取数据文件获取头文件信息，因此这一步对应的脚本需在观测数据存储电脑上执行。生成的文件列表和头文件信息可以通过网络方式传输到执行观测规划的主机。这也是本程序必须适配不同 Python 版本的原因。

3.6 观测信息采集

该模块读取文件检查模块的报告，从中识别出巡天观测情况，并针对巡天规划，生成当天已观测情况汇总文件。此文件与观测计划编排时生成的汇总文件不同，前者是当晚的汇总，后者是编排之前所有观测情况汇总。

3.7 观测报告生成

该模块在观测信息采集后，以图像形式给出指定日期的观测报告，分为未观测、当晚观测、历史观测等情况。

4 程序运行

考虑到部分步骤需要在位于台站的望远镜观测主机或者数据服务器主机执行，本程序调用运行通过终端进行，未提供图形界面，但是生成相关的文本文件和图像文件。

4.1 目录和文件

每台望远镜的配置信息以及生成的文件放在以该望远镜名命名的目录下，即：`nowt` 或者 `bok`。其下再分为配置信息 (`conf`)、观测计划 (`schedule`)、观测情况 (`obsed`)、观测报告 (`footprint`) 四个目录。其中配置信息目录内包括天区划分、观测参数、输出参数等多个文件；观测计划目录内部设两级子目录，分别是观测批次目录和日期目录，前者代表观测年月，后者名字是观测日期，其目录内存放当天生成的观测计划过程文件和脚本、报告图等；观测情况目录内根据观测批次划分目录，其内存储文件列表、已观测列表、观测统计信息等；观测报告目录内存储观测日志、赤道坐标系和银道坐标系下的观测覆盖图等。

我们将连续数天的观测称为一个观测批次 (observing run)，通常以其所在年月为代号。如果一个批次跨月，那么通常以其主要部分所在月份命名。例如 2017 年 9 月 19 日至 10 月 2 日的观测批次，命名为 201709，在这个情况下，本程序将 10 月 1 日、2 日标注为 9 月 31 日、32 日；对于主体在后一个月份的，前一个月最后几天将被视为 −1 日、0 日。

观测日期命名为 J 加四位数儒略日尾数，以观测站点在观测夜地方时 18:00 的儒略日整数部分最后四位为准。例如在 Bok 望远镜的观测，2017 年 9 月 20 日，当地时间（西七区）18 时对应儒略日为 2 458 017.541 67，则观测日期命名为 J8017。

图 3 展示了 Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日的文件目录结构。

```
bok/
+-- conf/
|   +-- basic.txt
|   +-- expmode.txt
|   +-- expplan.txt
|   +-- field.txt
+-- schedule/
|   +-- 201709/
|   |   +-- J8017/
|   |   |   +-- report.J8017.2017.09.20.txt
|   |   |   +-- plan.J8017.2017.09.20.txt
|   |   |   +-- plan.J8017.2017.09.20.png
+-- obsed/
|   +-- 201709/
|   |   +-- files.J8017.lst
|   |   +-- check.J8017.lst
|   |   +-- obsed.J8017.lst
+-- footprint/
|   +-- equ.20170920v.png
|   +-- equ.20170920v.eps
|   +-- gal.20170920v.png
|   +-- gal.20170920v.eps
|   +-- report.20170920v.txt
```

注：`conf` 目录内为观测配置文件；`schedule` 目录分批次、分日期记录观测计划，每天的核心文件为计划生成程序报告、生成的脚本、当天观测计划图示，出于精简的目的，未包括额外指定的检查文件等；`obsed` 目录内分批次记录观测完成情况，每天的文件包括文件列表、检查结果、汇总已观测情况；`footprint` 目录存放观测报告文件和观测覆盖图。

图 3　Bok 望远镜的文件目录结构示意图（以 2017 年 9 月 20 日文件为例）

4.2 观测脚本生成

生成脚本使用 takeoff 模块，必须参数为望远镜代号、观测日期，其余参数为可选参数。最基本的调用示例为：python3 takeoff.py bok 2017 09 20。观测脚本生成程序的所有参数及其含义见表 1。

表 1 观测脚本生成程序运行参数

参数名称	参数含义	默认值	示例用值
tel	望远镜代号	必须参数	bok
year	观测时间年份，四位数	必须参数	2017
month	观测时间月份，二位数	必须参数	09
day	观测时间日期，二位数	必须参数	20
run	观测批次	根据观测年月构成	201709
date	观测儒略日	根据观测日期	8017
band	观测波段	根据配置文件	strumu
begin	观测开始时间	昏影终	20.15 或 −0.1
end	观测结束时间	晨光始	5.5 或 −0.8
moon	目标和月亮之间距离的下限	根据月相从 5° 到 105°	60
airmass	观测时大气质量上限	1.75	1.5
hourangle	时角绝对值上限，单位为小时	4.0	3.0
east	向东的时角上限	同 hourangle	3.0
west	向西的时角上限	同 hourangle	3.0
south	目标赤纬南限	不限制	20.0
north	目标赤纬北限	不限制	60.0
stage	是否根据大气质量适当微调曝光时间	False	True
overwrite	是否覆盖原有结果	False	True
simulate	是否模拟观测	False	True
sfactor	随机模拟每次曝光的成功率	0.99	0.7
check	是否生成检查图像	False	True

本模块的输出包括运行日志、观测脚本、观测天区图等。仍以 Bok 望远镜在 2017 年 9 月 20 日的计划生成为例，日志截图见图 4。为节省篇幅，此图省略了部分内容。如图所示，此模块首先给出当晚的可观测时间信息，并汇总天区数量；随后给出当晚的计划观测列表，包括当地时间、曝光序号、天区号、天球坐标、大气质量、地平高度和方位角以及预计要耗费的时间；最后给出了当晚观测计划的汇总。

观测脚本见图 5，仅给出部分作为示例，从左到右各列依次为：观测标志、曝光时间、曝光类型、目标名称（巡天天区编号）、曝光重复次数、赤经、赤纬、历元。观测天区图见图 6，图中小点为待观测天区，黄色代表距离太阳、月亮较近不作为候选天区的部分，黑色代表可作为候选天区的部分；绿色和黄色圆点为此前已经观测的天区，其中黄色也代表距离太阳、月亮较近部分；红色方块为当天晚上计划观测天区；红色圆点、红色菱形、红色三角分别表示当晚午夜时刻的太阳位置、月亮位置、天顶位置。由于在此前一年我们设置从赤纬

20° 开始向北观测，因此将已完成天区分为了南北两部分。

```
        --------========  Start : 2017-09-21 01:57:27  =======--------

+------------------------------ Night General Info ------------------------------+
|                ## bok, on 2017.09.20 (J8017) of run `201709`                    |
| Sun set at 18:22, rise at 06:18, obs time is 19:33 ==> 05:06                    |
| Obs hours is 09:33, LST of midnight is 00:01                                    |
| Moon mean position is 12:48:58.77 -01:04:42.0, phase is 1.4%                    |
|                                                                  No simulation |
+--------------------------------------------------------------------------------+
+-------------------------------- Fields Count ----------------------------------+
|         All Fields          17728   |   X: Skipped              0               |
|         X: Finished          4558   |   X: Near Moon/Sun     4221               |
|         Available Fields     8949   |   Available Blocks     1363               |
+--------------------------------------------------------------------------------+
Begin to schedule from 19:33, LST 19:08

Time  [ LST ]  No |  Block  (    RA        Dec   ) | Airm    Az   Alt  |  Cost
19:33 [19:08] #01 | 0372987 (298.67253  +3.70000) | 1.15 158.2 +60.0 |  490s
19:41 [19:16] #02 | 0452998 (299.77410  +4.50000) | 1.14 159.5 +61.1 |  490s
19:49 [19:24] #03 | 0373043 (304.68506  +3.70000) | 1.16 154.3 +59.3 |  420s
19:56 [19:31] #04 | 0453054 (305.39143  +4.50000) | 1.15 156.0 +60.5 |  490s
                    ......
28:44 [04:20] #73 | 0450815 ( 81.50125  +4.50000) | 1.17 148.8 +58.9 |  490s
28:53 [04:28] #74 | 0370862 ( 86.22974  +3.70000) | 1.19 145.0 +56.9 |  490s
29:01 [04:36] #75 | 0370894 ( 89.43642  +3.70000) | 1.21 141.8 +55.9 |   70s
29:02 [04:37] #76 | 0450867 ( 86.71732  +4.50000) | 1.17 147.1 +58.4 |  420s

+---------------------------------- Summary -------------------------------------+
|       Total 76 blocks, 494 exposures, 09:36 cost. From 19:33 to 29:09           |
|             Estimate airmass: 1.168+-0.043, range: 1.10 -> 1.29                  |
|                       Big move over 12.0 deg: 4 jump(s),                          |
|                  SKIP: 0 session(s) encounted, 00:00 wasted.                      |
+--------------------------------------------------------------------------------+

        --------========  End : 2017-09-21 01:58:20  =======--------
53.0 seconds used.
```

注：在生成计划之前，给出当晚的观测时间信息，并汇总了天区数量；随后给出了随观测时间推进而选择的天区（为节省篇幅，中间部分省略）；最后给出了当晚观测计划的汇总。

图 4　Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日观测计划生成程序报告截图

```
obs    20.0  object        2676  1     sagev  194504.20  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2677  1     sagev  194816.60  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2678  1     sagev  195129.00  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2679  1     sagev  195441.40  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2680  1     sagev  195753.81  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2681  1     sagev  200106.21  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        2682  1     sagev  200418.61  +034200.0  2000.0
obs    20.0  object        3070  1     sagev  194928.01  +043000.0  2000.0
```

注：从左到右各列依次为：观测标志、曝光时间、曝光类型、目标名称（巡天天区编号）、曝光重复次数、波段名称、赤经、赤纬、历元。

图 5　Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日观测计划的部分截图

4.3　观测后处理

观测文件检查之前，应先通过终端命令生成文件列表，并保存于 “`<tel>/<run>/files.J<dddd>.lst`” 文件。随后执行 “`python3 check.py bok 2017 09 20`” 对列表中出现的文件进行头信息检查，并汇总结果于文件 “`<tel>/<run>/check.J<dddd>.lst`”。

将检查文件传送到观测计划编制的主机上，随后执行 “`python3 collect.py bok 2017 09 20`” 将头信息和观测天区、观测方案进行匹配，确认每个方案的执行度，并生成文

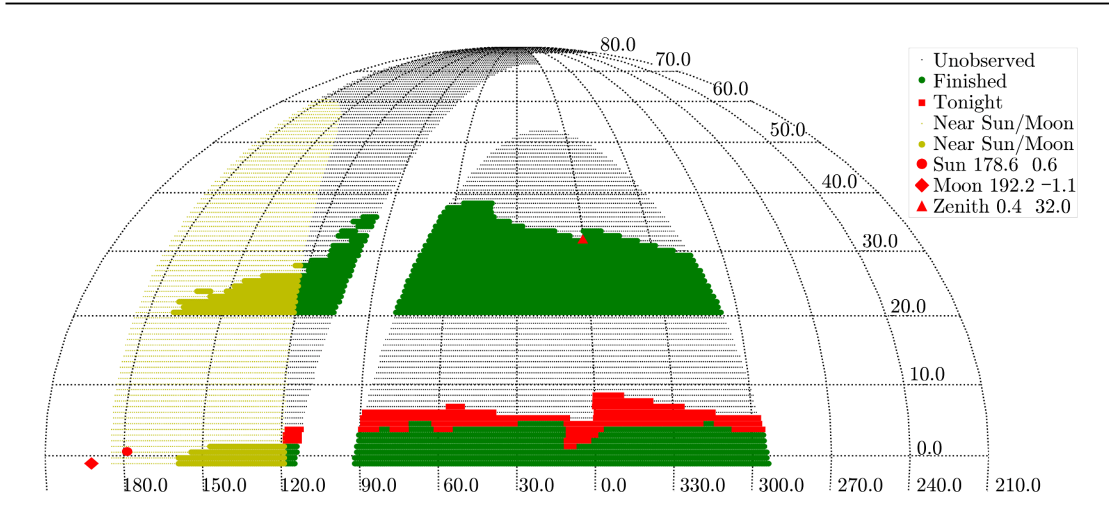
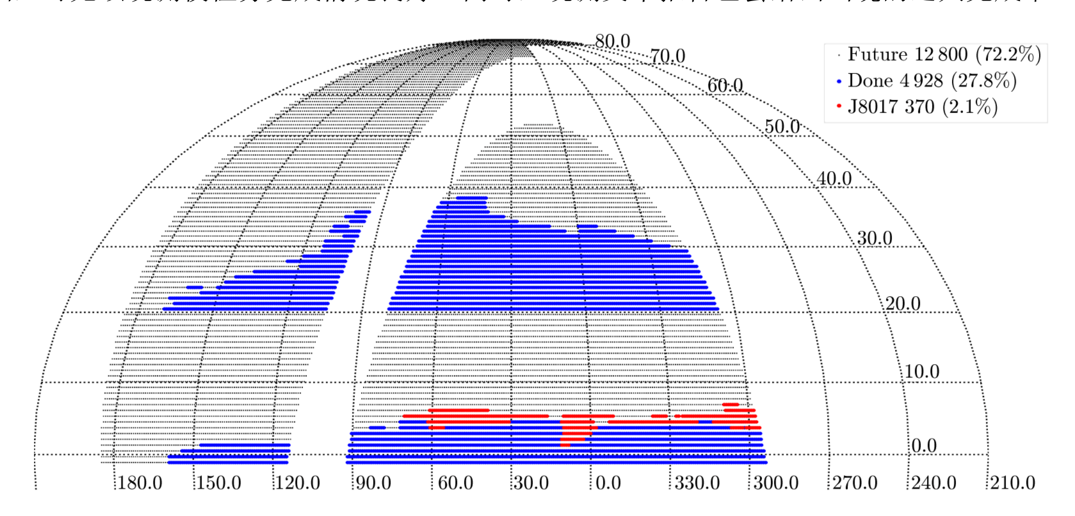


图 6 Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日观测计划图

件 “<tel>/<run>/obsed.J<dddd>.lst”。在进行观测计划编制之前，会汇总此前的观测情况。

最后，执行 “python3 footprint.py bok”生成观测报告，包括文本报告和观测情况赤道、银道坐标分布图。可以指定额外参数 “run=<yyyymm>”，则会将指定观测批次的观测天区以红色标注，再加上参数 “day=<dddd>” 则只突出标注指定日期的观测天区。Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日 $v_{\rm SAGE}$ 波段观测报告的赤道坐标分布见图 7。对比实际执行图和观测计划图，可见该观测夜任务完成情况良好。同时，观测文本报告也会给出当晚的巡天完成率。



注：图中小点为待观测天区，红色代表当晚观测天区，蓝色代表已观测天区，各类天区个数见右上角

图 7 Bok 望远镜 2017 年 9 月 20 日 $v_{\rm SAGE}$ 波段观测报告图

4.4 观测操作

在实际观测中，将生成的脚本文件传送到观测控制机上即可进行观测。完美情况下，脚

本适合直接进行整晚的观测。对于一些特殊情况，脚本也有相应处理措施。

针对共享观测夜的情况，那么在生成计划时可以指定开始时间 `begin` 和结束时间 `end`。例如前 1/4 时间有其他观测任务，则 `begin=`-0.25。此处给出负数代表在根据昏影终和晨光始计算的整晚可观测时间的比例，也可以给出正数直接指定以小时为单位的时间。如未指定则脚本自动根据当晚昏影终和晨光始时间计算开始和结束时间，并生成相应的观测脚本。

针对观测中途中断的情况（例如天气或仪器原因），恢复观测时，可以参考观测计划文件中的观测时间列表，选择对应观测目标开始依次观测。

5 总结与展望

从结果来看，我们的巡天观测策略和巡天规划程序，能够很好地对观测进行规划。在 SAGES 巡天正式开始之前，我们通过试观测和观测规划模拟，制定了符合实际的观测计划。在巡天过程中，也尽量减少时间损失，确保了 SAGES 巡天观测的高效进行。

由于 SAGES 巡天仍有波段尚未观测，因此下一步我们将继续利用本程序进行 SAGES 巡天规划工作。

致谢

本工作得到中国科学院光学天文重点实验室开放课题资助。

参考文献：

[1] 范舟, 赵刚, 王炜, 等. 天文学进展, 2018, 36(02): 101
[2] Zou H, Jiang Z, Zhou X, et al. AJ, 2015, 150: 104
[3] Bai C-H, Feng G-J, Zhang X, et al. RAA, 2020, 20: 211
[4] 郑捷, 赵刚, 王炜, 等. 天文研究与技术, 2019, 16(01): 93
[5] Fan Z, Zhao G, Wang W, et al. ApJSS, 2023, 268: 9
[6] Li C, Zhao G, Fan Z, et al. https://arxiv.org/abs/2410.10218, 2024
[7] 范舟, 沈志侠, 李正阳, 等. 青海科技, 2023, 30(02): 18
[8] Zou H, Zhou X, Fan X, et al. PASP, 2017, 129(976): 064101
[9] 雷磊, 李晋达, 吴金泰, 等. 天文研究与技术, 2021, 18(01): 115
[10] Gu S, Wang X, Yeung B, et al. Astronomische Nachrichten, 2022, 343: e20224022
[11] 余周毅, 周济林, 刘慧根, 等. 青海科技, 2023, 30(04): 13
[12] 王慧宇, 俞继铭, 刘峥岩, 等. 中国科学: 物理学力学天文学, 2023, 53(05): 109
[13] Astropy Collaboration, Price-Whelan A M, Sipöcz B M, et al. AJ, 2018, 156(3): 123
[14] Harris C R, Millman K J, van der Walt S J, et al. Nature, 2020, 585: 357
[15] Hunter J D. Computing in Science & Engineering, 2007, 9(3): 90

The Strategies and Scheduler Program for the SAGES Sky Survey

ZHENG Jie[1], WANG Wei[1], FAN Zhou[1,2], LI Chun[1], ZHAO Gang[1,2]

(1. Key Laboratory of Optical Astronomy, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The SAGES survey is a northern sky photometric survey conducted by multiple telescopes with different capabilities at different stations, and it is currently being advanced. At present, there are many photometric surveys worldwide, and most of them have corresponding observation strategies. In order to ensure the effective achievement of SAGES survey scientific goals and implement the survey observation strategy, we have developed a survey observation schedule software. The software runs well in practice and strongly supports the survey observation. This article introduces the observation strategy, software structure, schedule software functions, usage, and output results of the SAGES survey. Furthermore, this program is still supporting the observations of the SAGES survey.

Key words: sky survey; SAGES; observation strategy; schedule program